

PRÍSPEVOK K METODIKE ABSOLÚTNEJ DOZIMETRIE Sr^{90}

ALOJZIA STANKOVIČOVÁ, FRANTIŠEK MINÁRIK,
KAROL ĎURČEK, Bratislava

Riešenie úlohy. Sledovanie vylučovania Sr^{90} z organizmu močom na našom ústave postavilo do popredia úlohu určiť aktivitu vyšetrovaných vzoriek absolútne. Vzorky, o chemickom spracovaní ktorých sa hovorí na inom mieste [17], nachádzali sa v podobe odporenej zrazeniny na hliníkovej miske a merali sa pomocou G-M trubice na ich aktivitu beta.

Známym [1] vzťahom: $N = 2,22 \cdot 10^{12} \eta A$ je daný súvis medzi N nameraným počtom impulzov/minútu zaznamenaným na elektronickom zariadení a aktivitou A preparátu v jednotkách Curie; η je koeficient a zahrnuje väčší počet opät, ktorých presné určenie za daných experimentálnych podmienok značne znevýhodňuje túto inak veľmi jednoduchú a čo sa týka technického vybavenia dosť nenáročnú metódu na absolútne stanovenie aktivity.

Koeficient účinnosti zahrnuje tieto faktory:

$$\eta = \eta' \cdot p \cdot G \cdot q \cdot K \cdot S,$$

η' je vlastná účinnosť trubice, tento koeficient sa pre beta trubice rovná 1 [2].

Koeficient p udáva počet emitovaných častíc pripadajúcich na jeden rozpad. Túto hodnotu, ak vieme, o aký rádioaktívny izotop ide a poznáme príslušnú rozpadovú schému, vyčíslame v tabuľkách izotopov [3].

G je koeficient geometrie. Udáva vlastne podiel žiarenia, ktoré dopadne do účinného priestoru trubice vzhľadom na celkové žiarenie emitované do celého priestoru. Tento faktor sa stanoví výpočtom, súvisí s geometrickými podmienkami merania. Pre jeho určenie boli odvodené vzorce, ako pre prípad bodového zdroja umiestneného v osi trubice, tak pre prípad, že zdroj je plošný a má podobu kruhu [4]. Zdálo by sa teda, že určenie tohto koeficientu je jednoduché, stačí určiť potrebné parametre a použiť pre výpočet odvodenú formulu. Ťažkosť je však v tom, že pri teoretických odvodeniach sa vychádza z početných predpokladov, ktorých splnenie v praxi sa nedosahuje. Jedným z týchto predpokladov je, že celý priestor v trubici je rovnako účinný.

Tendencia je [5] žiarenie kolimovať clonou predradenou pred okienko G-M trubice. Voľba veľkosti clony súvisí s veľkosťou okienka a zdroja. Je snaha použiť čo možno najmenšiu clonu, pokiaľ to samozrejme dovoľuje aktívna vzorka.

Koeficient q — odraz a rozptyl od podložky vystupuje vo výpočtoch vždy vtedy, ak meraný preparát je nanesený na nejakej podložke, od ktorej sa žiarenie odráža, resp. rozptyľuje. Efekt spätného odrazu a rozptylu skúmali mnohí autori. Koeficient q je podiel aktivity nameranej, ak vzorka je na podložke, a aktivity vzorky bez podložky. Z výsledkov týchto skúmaní je jasné, že preparát je najvýhodnejšie merať, ak je bezpodložkový, t. j. nanesený na tenkú blanku (o plošnej váhe asi 20 mg/cm^2), vtedy sa q rovná 1; alebo použitie podložky hrúbky nasýtenia. Zistilo sa totiž, že koeficient q narastá so zväčšovaním hrúbky podložky do istej hodnoty, ktorá potom zostáva konštantná, nezávislá od ďalšieho zväčšovania hrúbky podložky. Tá hrúbka podložky, pre ktorú koeficient q sa už nemení, je hrúbka nasýtenia rovná približne dvojnásobku polovrstvy pre dané žiarenie a daný materiál podložky.

Hodnota koeficientu q pre hrúbku nasýtenia závisí od poradového čísla materiálu podložky a zostáva pre všetky beta žiarče s energiou väčšou ako $0,6 \text{ MeV}$ prakticky konštantná. Tým je teda daná možnosť použiť pre určenie q nejaké údaje z literatúry, napr. graf Burthov uvedený tiež v [10]. Podrobné skúmanie v novej dobe [11] poukazujú však na neizotropnosť spätného odrazu a rozptylu žiarenia, tým je vysvetliteľná závislosť koeficientu odrazu a rozptylu od geometrického usporiadania.

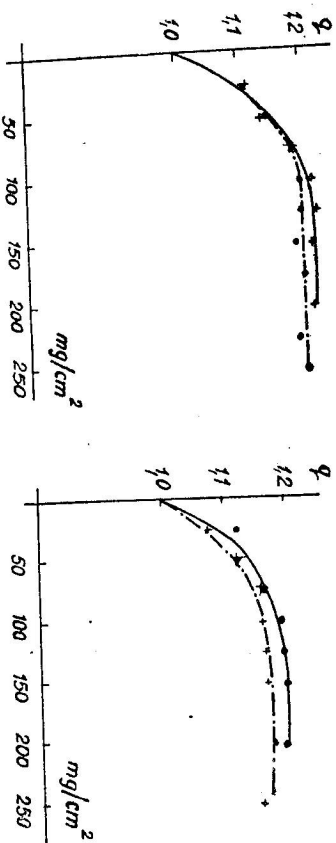
Ak nepoužijeme podložku hrúbky nasýtenia, ako aj v prípade, že použitý rádioaktívny izotop má energiu emitovaných častíc menšiu ako $0,6 \text{ MeV}$, treba koeficient q určiť experimentálne.

Koeficient K — koeficient absorpcie súvisí s pohltaním žiarenia v prostredí, ktorým prechádza. Pri presných meraniach treba brať do úvahy absorpciu žiarenia, jednak vo vzduchu medzi preparátom a okienkom počítača a v materiáli okienka. Koeficient K je daný pomerom N/N_0 , kde N_0 je aktivita neoslabeného žiarenia a N namieraná aktivita, ak žiarenie prechádza hmotným prostredím. Ak sa určuje koeficient K experimentálne, sleduje sa závislosť nameranej aktivity N (relatívne v impulzoch za minútu) od hrúbky absorpčnej vrstvy. Najčastejšie sa používa ako absorbér aluminium, jeho hrúbka sa vyjadruje v mg/cm^2 . Z takto zistené závislosti sa extrapoláciou pre nulovú hrúbku absorbéru určí N_0 . Táto závislosť má exponenciálny charakter $N = N_0 e^{-\mu d}$, kde d je hrúbka absorpčnej vrstvy a μ koeficient absorpcie. Absorpcia žiarenia sa najmä pri malých hrúbkach oddeľuje od exponenciálneho zákona [11]. Táto oddeľka je tým výraznejšia, čím je beta žiarenie mäkkšie. Určiť extrapoláciu hodnotu N_0 spôsobuje preto značné ťažkosti.

V rôznych tabuľkách [12] existujú početné údaje pre koeficient absorpcie μ , resp. pre polovrstvu $\Delta = \ln 2/\mu$, resp. existujú polempirické formuly na výpočet týchto konštánt na základe znalosti maximálnej energie beta spektra príslušného rádioaktívneho prvku. V literatúre sú ďalej odporúčania pre ďalšie korekcie, upresňujúce hodnoty týchto konštánt, ak absorbér je iný materiál ako aluminium. Je však

smer kolmý na podložku. Rozdiel hodnoty q pri hrúbke nasýtenia je 0,02–0,03. Robiť nejaké ďalekosiahle závery z týchto nennulových meraní nie sme opätvení, ale pre určenie koeficientu q zdá sa nám správnejšie použiť experimentálne výsledky získané za používaných podmienok merania.

Koeficient K , t. j. podiel žiarenia pohlteneho vo vzduchu a v okienku trubice pre 5 rôznych poloh preparátu sme určili dvojakým spôsobom: 1. výpočtom a 2. experimentálne.



Obr. 4. Závislosť koeficientu q od hrúbky Al podložky pri pevnej vzdialenosti preparátu od okienka (poloha 3). — Obr. 5. Závislosť koeficientu q od hrúbky Al podložky pri pevnej vzdialenosti preparátu od okienka (poloha 5). — pred okienkom G—M trubice je clona — bez clony

Pri výpočte sa určil zvlášť koeficient pohltienia K_1 pre stroncium o maximálnej energii $E_m = 0,54$ MeV a zvlášť K_2 pre ytrium s maximálnou energiou $E_m = 2,27$ MeV. Uvažoval sa prechod dvoma prostrediami: vzduchu + okienko (sluďa). V tomto prípade koeficient

$$K = \exp \left(-\frac{\ln 2}{A_1} d_1 - \frac{\ln 2}{A_2} d_2 \right),$$

kde A_1 , A_2 je polovstiva v prostredí 1, resp. 2 a d_1 , d_2 je hrúbka absorpčnej vrstvy prvého prostredia, resp. druhého. Pre určenie polovstivy sa použili formuly:

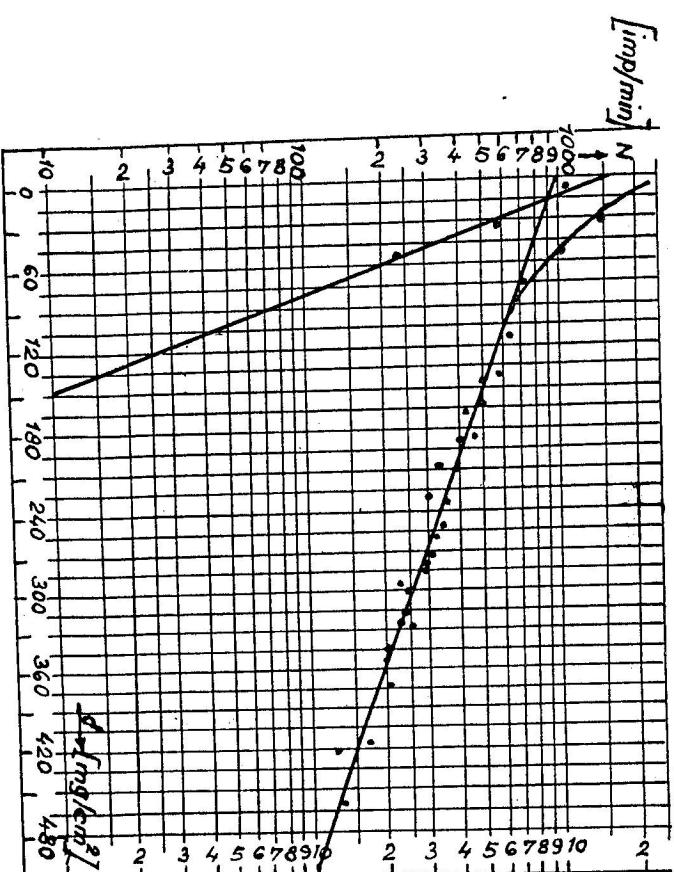
$$\begin{aligned} A_{Al} &= 55E_m^{1,66} & \text{pre } E_m \in (0,15; 0,7); \\ A_{Al} &= 53E_m^{1,47} & \text{pre } E_m \in (0,70; 2,5) \end{aligned}$$

(A je udané v mg/cm^2 , E_m sa dosadzuje MeV). Prepočet na polovstivu v inom materiáli podľa vzťahu z [11]

$$A_Z = \frac{118}{105 + Z} A_{Al}.$$

Atómové číslo Z pre vzduch, resp. sludu podľa [13] je 7,64 a 11,33. Hľadaný koeficient $K = \frac{1}{2} (K_1 + K_2)$, pretože ide o meranie Sr^{90} v rovnováhe s Y^{90} .

Pri experimentálnom určovaní koeficientu K zisťovali sme zmenu aktivity na hrúbke absorpčnej vrstvy (absorpčná vrstva sa rovnala hliník + vzduch + okienko), pričom sme použili hliníkové fólie o hrúbke 22 mg/cm^2 . Merania boli robené s 1,5% štatistickou presnosťou. Získaná absorpčná krivka (obr. 6; na semilogaritmickom



Obr. 6. Krivka absorpcie beta žiarenia Sr^{90} + Y^{90} v hliníku znázornená v semilogaritmických súradniciach.

papieri) sa známym spôsobom rozložila na zložku pripadajúcu absorpcii stroncia a zložku pripadajúcu absorpcii ytria. Obe priamky sa extrapolovali pre nulovú hrúbku absorpčnej vrstvy. Koeficient K pre hrúbku d , ktorá nás zaujíma, sa určil:

$$K = \frac{N_1 + N_2}{N_{10} + N_{20}},$$

kde N_{10} , resp. N_{20} sú extrapolované hodnoty na priamke pre stroncium, resp. pre ytrium a N_1 , resp. N_2 odčítané hodnoty na absorpčných priamkach pre príslušnú hodnotu d . Koeficient samoabsorpcie sa nevyšetroval.

Vo výslednej tabuľke je uvedený koeficient účinnosti pre geometriu bez clony a s externou clonou. Vypočítané hodnoty koeficientu účinnosti, určené pri použití

спомнутých korekcií, pričom koeficient S sa položil rovný 1, možno porovnať s koeficientom účinnosti určeným pomocou štandardu. K dispozícii sme mali 6 štandardov odpraveného roztočku Sr^{90} na hliníkovej miske nášho typu dodaných z dozimetrického oddelenia Ústavu jaderného výzkumu v Prahe. Koeficient účinnosti podľa štandardu sa určil ako aritmetický priemer z hodnôt získaných pomocou jednotlivých štandardov. V tabuľke je udaná ku každej hodnote priemeru smerodajná odchýlka, ktorej veľkosť súvisí jednak s presnosťou udania aktivity štandardu, jednak so štatistickou chybou merania štandardu. Pretože išlo o odpravený roztoček bez nosiča, sme oprávnení toto porovnanie s vypočítaným η pri $S = 1$ robiť. Pri geometrii bez clony je koeficient η určený jednak ak sme uvažovali koeficient K vypočítaný a jednak ak koeficient K sa určil z nami zisťovanej absorpčnej krivky.

Tabuľka 1

poloha	bez clony		s clonou	
	standard	vypočítaný	experiment	standard
1	$13,98 \pm 0,3$	12,5	12,2	—
2	$4,10 \pm 0,1$	3,57	3,44	$2,75 \pm 0,04$
3	$1,70 \pm 0,08$	1,40	1,34	$0,971 \pm 0,005$
4	$0,90 \pm 0,02$	0,76	0,73	$0,454 \pm 0,006$
5	$0,61 \pm 0,03$	0,43	0,40	$0,273 \pm 0,003$
				2,64
				0,85
				0,50
				0,25

Zo získaných výsledkov jasne vidieť, že presnosť určenia η sa zvyšuje, ak sa použije pred okienko trubice clona. Chyba pri určovaní aktivity za geometrie bez clony je značná 15–20%, ba v polohe 5 až 30%, kým pri extempom vycelonení je chyba menšia ako 10%.

Záverom ďakujeme pracovníkom dozimetrického oddelenia Ústavu jaderného výzkumu v Prahe za vyhotovenie štandardov a ochotné poskytnutie konzultácií, ako aj inž. V. Zbořilovi za prípravu vzoriek.

LITERATURA

- [1] Spicyn V. I., Kodoligot R. N., Golutvina M. M., Kuzina A. F., Sokolova Z. A., *Metody práce s radioaktivními indikatory*, Praha 1957.
- [2] Kment V., Kuhn A., *Das Geiger-Müller Zählrohr*, Leipzig 1953.
- [3] Несмелнов А. Н., Даницкий А. В., Рупенко Н. П., *Получение радиоактивных изотопов*, Москва 1954.
- [4] Петржак К. А., Бак М. А., ЖТФ XXV (1955), 636–643.

- [5] Gleason G. I., Taylor J. D., Tabern D. L., *Nucleonics* 8 (1951), No 5, 19.
- [6] Grinberg B., Gallie Y. J., *Phys. et Radium Phys. Appliquée* 17 (1956), 35.
- [7] Starý J., *Čs. čas. fys.* 57 (1957), 90.
- [8] Burr V. P., *Nucleonics* 5 (1949), No 2, 28.
- [9] Seliger H. H., *Phys. Rev.* 88 (1952), 408.
- [10] Weiss C. F., *Radioktíve Standardpreparate*, Berlin 1956.
- [11] *Исследования в области дозиметрии концентрирующих излучений*, ИАН СССР, Москва 1957.
- [12] Гусев Н. Г., *Сравнения по радиоактивным излучениям и защите*, Москва 1956.
- [13] Hine G. J., Brownell G. L., *Radiation dosimetry*, New York 1956.
- [14] Lerch P., Wittgenstein J., *Bull. Soc. Vaul. sc. Nat.* 67 (1958), No 297.
- [15] Collie, Shaw, Gale, *Proc. Phys. Soc.* 63 (1950), No 363 A, 282.
- [16] Бочкарев В. В., Керим-Маркус И. Б., Львова М. А., Пруслин Я. А., *Измерение активности источников бета и гамма излучений*, Москва 1953.
- [17] Zbořil V., Sebastian I., Trnovec T., Dureček K., *Chem. zvesti XIV* (1960), č. 2, 91.

Došlo 25. 6. 1960.

Ústav fyziky práce a choroby
z rohovania
v Bratislave

К МЕТОДАМ АБСОЛЮТНОЙ ДОЗИМЕТРИИ Sr^{90}

Алоизия Станковицова, Франтишек Минарик, Карол Дюрчек

Резюме

В статье приведены результаты коррективных коэффициентов, фигурирующих при абсолютной дозиметрии излучателей бета методом постоянной геометрии и торпидных счетчиков, котной дозиметрии излучателей бета методом постоянной геометрии и торпидных счетчиков, предназначенных для изотопа Sr^{90} в равновесии с Y^{90} и описываются экспериментальные условия.

Найденная эффективность сравнена с коэффициентом полученным при помощи стандарта.

BEITRAG ZUR METHODIK DER ABSOLUTEN DOSIMETRIE DES Sr^{90}

Alojzia Stankovičová, František Minárik, Karol Dureček

Zusammenfassung

In der Arbeit sind die Resultate der Koeffizienten gegeben, welche bei der absoluten Dosimetrie-Strahler bei konstanter Geometrie und Verwendung Fenster-Geiger-Müller-Zählrohre vollkommen, so wie sie gefunden wurden für das Isotop Sr^{90} im Gleichgewicht mit Y^{90} und für bestimmte Meßbedingungen.

Der gefundene „Koeffizient der Ausnutzung“ ist mit dem, welcher mittels Standardpreparate bestimmt wurde, verglichen.